

Ключові слова: математичне моделювання, пуансон, контактне завдання, пластичні деформації, кінцевий елемент, втрата стійкості.

The problem of numerical simulation of the bending circular plate with free and fixed edges in three-dimensional setting is considered. System of mathematical equations in formulation includes in boundary conditions and moving punch. The contact problem is implemented applying the software LSDYNA for FEM models.

Keywords: mathematical simulation, punch, contact problem, the plastic deformation, finite element.

УДК 621.73.06-52

И. С. АЛИЕВ, докт. техн. наук, проф., ДГМА, Краматорск;

П. Б. АБХАРИ, канд. техн. наук, доц., ДГМА, Краматорск;

О. А. ЖУКОВА, аспирант, ДГМА, Краматорск.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ И СИЛОВОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА БОКОВОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В статье описано применение процессов холодной объемной штамповки (ХОШ), позволяющее резко сократить расход металла при обеспечении необходимого уровня качества. С помощью конечно-элементного моделирования был изучен силовой режим процесса бокового выдавливания и формоизменение при двусторонней подаче с вариацией межосевого расстояния отростков и скоростей деформирования, что позволило сделать вывод о зависимости усилия деформирования от межосевого расстояния.

Ключевые слова: штамповка, боковое выдавливание, отростки, силовой режим, моделирование, межосевое расстояние.

Одной из главных проблем развития машиностроения на современном этапе развития является повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции, обусловленной ее качеством и стоимостью. Традиционными методами изготовления деталей на предприятиях машиностроения – это литье или горячая объемная штамповка с последующей механической обработкой резанием.

Применение процессов холодной объемной штамповки (ХОШ) позволяет резко сократить расход металла при обеспечении необходимого уровня качества. Эффективность таких современных процессов ХОШ, как поперечное (радиальное и боковое) выдавливание тем выше, чем сложнее форма штампуемой детали [1-3].

При штамповке выдавливанием достигается максимальное приближение формы, размеров и качества поверхностей исходной заготовки к соответствующим параметрам готовой детали. Заготовки, полученные холодным пластическим деформированием обладают, благодаря упрочнению металла, повышенной прочностью, износостойкостью и надежностью [4].

Целью является повышение эффективности процессов штамповки деталей с боковыми отростками на основе развития математических моделей бокового выдавливания и разработка рекомендаций по проектированию технологических процессов и штамповой оснастки.

Процессы бокового выдавливания имеют большое количество вариаций схем деформирования, способов их реализации, и большим разнообразием деталей, которые возможно получать по этим схемам. Соотношение скоростей движения верхнего и нижнего деформирующего инструмента варьировалось в пределах $V_2/V_1=0,25\ldots 1$. Что позволило достаточно полно изучить влияние разных соотношений скоростей деформирования на конечную геометрию детали. Математическое моделирование процессов бокового выдавливания деталей с отрезками было выполнено с помощью конечно-элементного моделирования. [5, 6]

Представлены схемы бокового выдавливания отрезков в разъемных матрицах, при различном смещении осей отрезков относительно центра поковки. Значение межосевого расстояния отрезков X варьировалось с шагом $0,25 d$. Так же варьировалось значение скоростей движения верхнего и нижнего деформирующего инструментов. Были исследованы четыре варианта соотношения скоростей деформирования $V_2/V_1=0,25; 0,5; 0,75; 1$. В зависимости от соотношения скоростей деформирования можно получать различные варианты геометрии детали, с различными внутренними структурами и отклонениями от эталонной формы детали. Общая схема процесса представлена на рис. 1.

Для моделирования процесса бокового выдавливания выбирали следующие параметры:

- параметры механических свойств материала заготовки М1: кривая истинных напряжений, для которой описывается уравнением $\sigma_s(\epsilon) = 397,3\epsilon^{0,2}$, предел текучести $\sigma_{0,2} = 170$ МПа, модуль Юнга $E=110000$ МПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$ и коэффициент трения между материалом заготовки и инструментом $\mu = 0,15$ (закон Зибеля).

- геометрические параметры процесса: d – диаметр заготовки ($d = 28$ мм), h – высота канала ($h = 28$ мм), r – радиус скругления кромок инструмента ($r = 3,0$ мм), H – конечная высота заготовки ($H = 70..110$ мм).

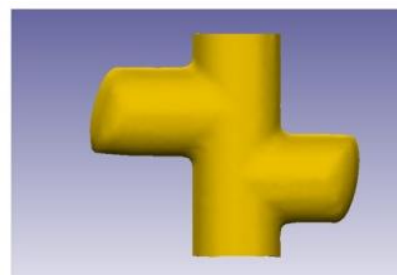
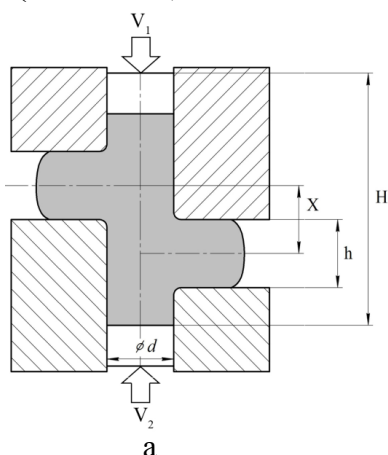


Рис. 1 – Процесс бокового выдавливания: а – общая схема; б – деталь, полученная боковым выдавливанием

В результате моделирования определен силовой режим процесса бокового выдавливания при различных скоростях движения инструмента $V_2/V_1=1$, $V_2/V_1=0,75$, $V_2/V_1=0,5$, $V_2/V_1=0,25$. График изменения максимального

усилия процесса в зависимости от параметра X представлен на рис. 2 и рис. 3 (а, б, в).

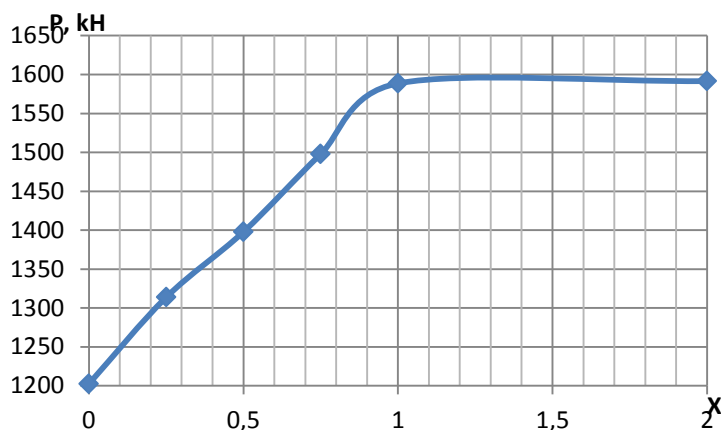


Рис. 2 – Графики зависимости номинального усилия процесса от параметра X при $V_2/V_1=1$

Как видно из графика, при увеличении параметра X , усилие процесса возрастает фактически линейно, до значения $X=1$. Так происходит и при скорости движения инструмента при $V_2/V_1=1$, $V_2/V_1=0,75$. При скорости $V_2/V_1=0,5$ на графике наблюдается увеличение параметра X , усилие процесса возрастает линейно. При достижении параметра $X=0,75$ усилие процесса начинает резко возрастать до значения $X=1$. При скорости $V_2/V_1=0,25$ на графике видно, что на начальном этапе, при увеличении параметра X усилие процесса возрастает по параболе. При достижении параметра $X=0,75$ наблюдается резкий скачок усилия процесса.

Максимальное значение усилия наблюдается при значении $X=1,125$. Так же при данной скорости следует отметить, что при соотношении скоростей движения $V_2/V_1=0,25$ скорость образования верхнего отростка в несколько раз выше, чем нижнего. Вследствие этого, схема деформирования всё больше приближается к схеме с одним очагом деформации. Особенно явно этот эффект заметен при $X=2$. В этом случае очаг деформации состоит из двух независимых очагов. И практически вся деформация происходит в верхней полости. Дальше на графике усилие для всех случаев ведет себя одинаково и наблюдается дальнейшее увеличение данного параметра усилие остаётся неизменным, и даже немного снижается, вследствие того что очаг деформации разделяется на два независимых очага деформации, из которых металл течёт в боковые отростки, что и является причиной снижения усилия. Между очагами деформации находится застойная зона, размер которой никак не влияет на усилие процесса. Таким образом, можем сделать вывод о том, что увеличивая параметр X от 1 – усилие процесса будет оставаться неизменным, что позволяет получать ещё более сложные детали с отростками на разных уровнях.

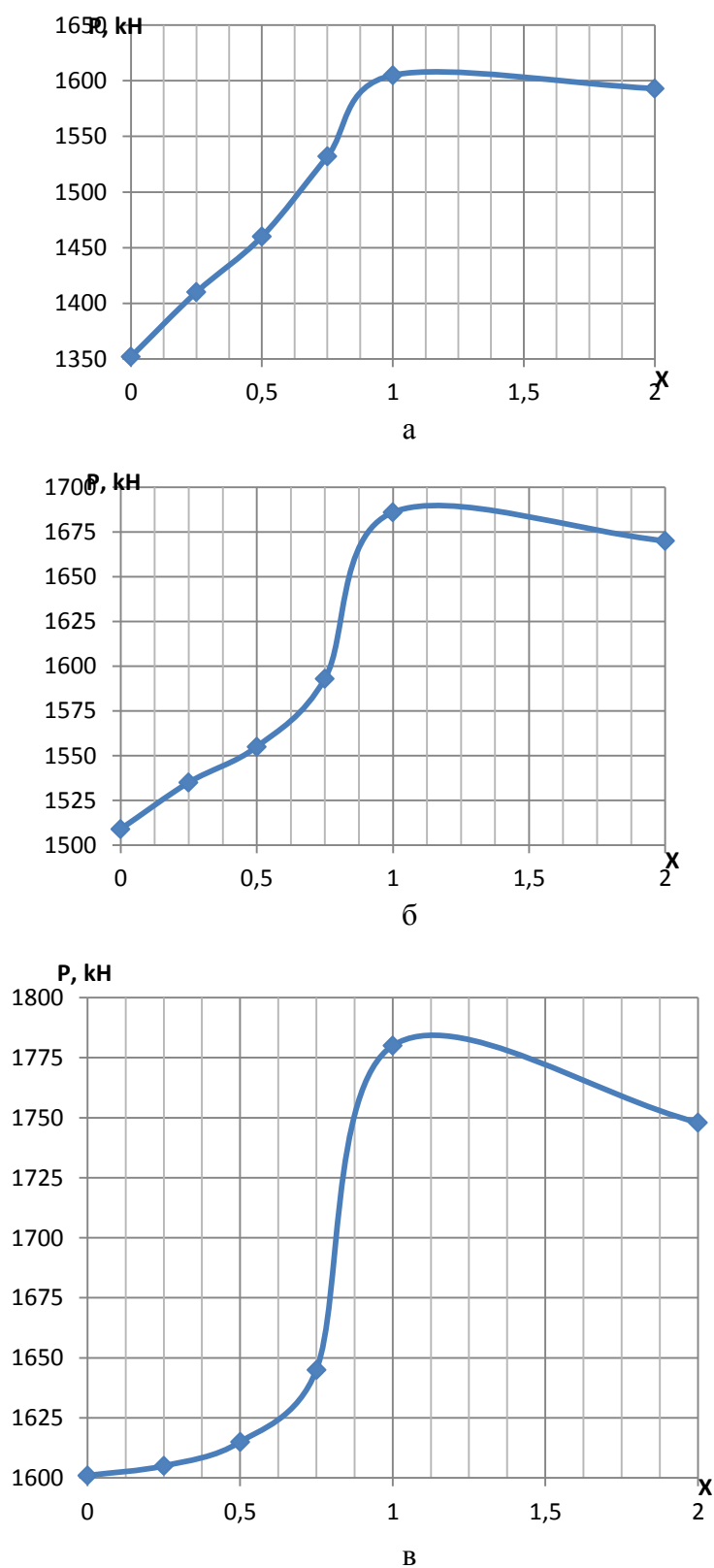


Рис. 3 – Графики зависимости номинального усилия процесса от параметра X при разном отношении скоростей:
 а – $V_2/V_1=0,75$; б – $V_2/V_1=0,5$; в – $V_2/V_1=0,25$

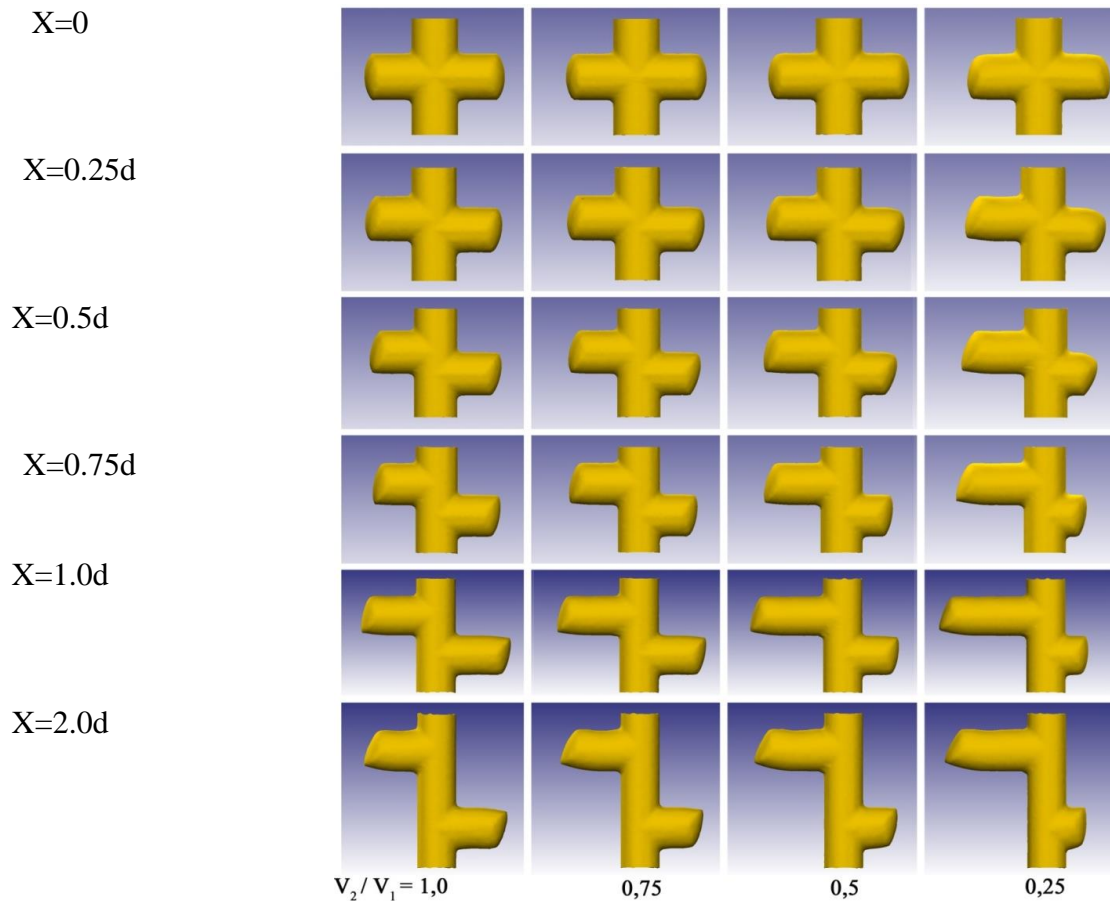


Рис. 4 – Детали полученные конечно-элементным моделированием

Для большей наглядности, все детали, полученные при помощи моделирования в DEFORM 3D, представлены на рис. 4. По оси абсцисс можем наблюдать изменение соотношения скоростей движения главного инструмента в диапазоне $V_2/V_1=0,25...1,0$. По оси ординат можем наблюдать изменение параметра X , коэффициента межосевого расстояния боковых отростков. Этот параметр варьируется в пределах $X=(0...2)d$.

Для большей наглядности, все детали, полученные при помощи моделирования в DEFORM 3D, представлены на рис. 4. По оси абсцисс можем наблюдать изменение соотношения скоростей движения главного инструмента в диапазоне $V_2/V_1=0,25...1,0$. По оси ординат можем наблюдать изменение параметра X , коэффициента межосевого расстояния боковых отростков. Этот параметр варьируется в пределах $X=(0...2)d$.

Данный рисунок даёт наглядное представление о том, как изменяются геометрические размеры поковки, дефекты торца поковки, изгиб отростка, длина отростка, при изменении того или иного параметра схемы деформирования. Что позволяет выбрать нужную схему деформирования, для необходимой конфигурации детали.

Целью проведенных экспериментальных исследований является анализ картины течения металла, по которому можно выделить очаг пластической деформации, смещённый в сторону нижней полуматрицы. Для выдавливания детали с отростками, расположенными на одной высоте использовалась

заготовка Ø28 мм и высотой 126,7 мм из материала М1, предварительно отожженного, а для получения детали с отростками на разной высоте использовалась заготовка Ø28 мм и высотой 156,7 мм из того же материала. В качестве технологической смазки в экспериментах по выдавливанию использовалась смазка ВНИИНП-232. Фото полученной детали представлено на рис. 5



Рис. 5 – Детали, полученные при выдавливании отростков: а – на одной высоте, б – на разной высоте.

Выводы. Методом конечных элементов исследован силовой режим процессов бокового выдавливания отростков на стержне, при двухсторонней подачей, с различными вариациями скоростей деформирования, и межосевого расстояния между отростками. Построен график зависимости усилия процесса от межосевого расстояния отростков. Установлено, что чем больше межосевое расстояние, тем выше усилие деформирования. Также установлено, что наиболее энергоемкой является схема бокового выдавливания при расстоянии между отростками равном диаметру стержневой части детали.

Список литературы: 1. Алиев И.С. Технологические процессы холодного поперечного выдавливания / И.С. Алиев // Кузнечно-штамповочное производство. – 1988. – №6. – С. 1-4. 2. Семёнов Е.И. Ковка и штамповка: справочник в 4 ч./ Е. И Семёнов. – М.: Машиностроение, 1987. – Т. 3 – 384 с. 3. Алиев И.С. Методы и устройства для исследования контактного пластического трения при объемном пластическом деформировании / И.С. Алиев, К. Крюгер // Кузнечно-штамповочное производство. – 2008. – №1. – С. 3-10. 4. Алиев И.С. Исследование штампов с разъемными матрицами для процессов поперечного выдавливания / И.С. Алиев, А.И. Лобанов, Р.С. Борисов, И.Г. Савчинский // Кузнечно-штамповочное производство. – 2004. – №8. – С.21-26. 5. Алиева Л.И. Совершенствование процессов холодного выдавливания осесимметричных деталей с фланцем: дис. ... кандидата тех. наук: 05.03.05 – Процессы и машины обработки давлением / Алиева Лейла Ибрагимовна. – Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2006. – 215 с. 6. Оприщенко Т.А. Повышение стойкости пуансонов для холодного выдавливания / Т.А. Оприщенко // Кузнечно-штамповочное производство. – 2000. – № 4. – С. 23-25.

Надійшла до редколегії 05.11.2013

УДК 621.73.06-52

Исследование формоизменения силового режима процесса бокового выдавливания методом конечных элементов // Алиев И. С., Абхари П. Б., Жукова О. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія; Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 42 (1015). – С. 7-13. Бібліогр.: 6 назв.

У статті описано застосування процесів холодного об'ємного штампування (ХОШ), що дозволяє різко скоротити витрати металу при забезпеченні необхідного рівня якості. За допомогою кінцево-елементного моделювання був вивчений силовий режим процесу бічного видавлювання та формозміна при двосторонній подачі з варіацією міжосьової відстані відростків і швидкостей деформування, що дозволило зробити висновок про залежність зусилля деформування від міжосьової відстані.

Ключові слова: штампування, бокове видавлювання, відростки, силовий режим, моделювання, міжосьова відстань.

The article describes the use of cold forging processes (CFP), which allows to drastically reduce the consumption of metal, while ensuring the required level of quality. The finite element method has been studied for the power mode of the lateral extrusion process and deformation state in double-sided forging with the variation of axial distance and velocity of deformation processes that led to the conclusion based deforming force of the axial distance.

Keywords: forging, lateral extrusion processes, lateral, power mode, simulation, center axial distance.

УДК 621.771

А. С. АРАЛКИН, канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «КНУ», Кривой Рог;
С. И. НЕЙМИРКО, инженер, ГВУЗ «КНУ», Кривой Рог.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МОЛОТОВОГО ШТАМПА

Выполнен анализ причин выхода из строя молотовых штампов. Дана оценка времени удара и сил, действующих на штамп при штамповке. Расчетным путем установлены температурные деформации деталей в месте установки центрирующей шпильки. Получены параметры деформации в месте сопряжения шпильки и штампа. Разработаны конструктивные мероприятия, повышающие надежность работы центрирующих шпилек и штампа в целом.

Ключевые слова: молотовый штамп, конструкция, центрирующие шпильки, сила удара, температурные деформации, упругие перемещения, энергия деформации, потери энергии.

Введение. Современное производство все более широко оснащается новым высокопроизводительным металлообрабатывающим оборудованием, которое работает на интенсивных режимах – высоких скоростях резания. К такому оборудованию, например, можно отнести 5-ти координатный обрабатывающий центр (ОЦ) с ЧПУ известной фирмы C.B. Ferrari серии D. Эти ОЦ устойчивы к термическим искажениям и оснащены системами компенсации температурных искажений и автоматической их корректировки по трем осям. Электродвигатель привода главного движения станка может работать в плавно изменяющемся диапазоне 16–20 тыс. об/мин. Для сравнения можно привести пределы частот шпинделя еще широко используемого многоцелевого станка с ЧПУ ИР-500МФ4: 21–3000 об/мин. Универсальный 5-ти осевой вертикальный ОЦ фирмы «Okuma» (Япония) уже может применяться для комплексной обработки деталей из различных материалов, в том числе и высоколегированных сталей, закаленных сталей с твердостью поверхности HRC 58...60 при скоростях шпинделя от 8 до 35 тыс. об/мин. Похожие скоростные характеристики имеют станки фирмы «KOVOSVIT DS. a.s.»